

### Заключение

В данной статье представлена разработка реализации аппаратного стека протоколов TCP/IP. Данная концепция поможет в будущем снизить нагрузку на операционные системы и время работы центрального процессора. Особенно это касается высокоскоростных сетей таких как 10 Гб/с, 100 Гб/с и 1 Тб/с.

### Список литературы

1. OSI model // Wikipedia The Free Encyclopedia. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/OSI\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/OSI_model) (дата обращения 15.03.2016).
2. Сеансовый уровень // Саратовский Колледж Информационных Технологий. URL: [http://alex-shtilev.narod.ru/diplom/Pril\\_D.html](http://alex-shtilev.narod.ru/diplom/Pril_D.html) (дата обращения 15.03.2016).
3. Presentation layer // Wikipedia The Free Encyclopedia. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Presentation\\_layer](https://en.wikipedia.org/wiki/Presentation_layer) (дата обращения 15.03.2016).

УДК 004

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ MICROSOFT VISUAL STUDIO ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ЗАДАЧ КИНЕМАТИКИ

Зуева С.В., Беляев А.С.

Национальный Исследовательский Томский политехнический университет,  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: [glaciamsz@mail.ru](mailto:glaciamsz@mail.ru)

*Using Microsoft visual studio for solving direct and inverse tasks of navigation.*

**Key words:** *kinematics problem, kinematics direct and inverse problems, manipulator mechanism.*

**Ключевые слова:** *задачи кинематики, прямая и обратная задачи кинематики, манипулятор.*

Созданием автоматических установок и роботов человек стремится улучшить свою жизнь, повысить качество изделий и точность механизмов. Конвейерное производство при должном техническом оснащении роботами-манипуляторами позволяет собирать изделие намного быстрее, чем при ручном производстве. Например, для сборки автомобиля требуется несколько роботов с различной степенью свободы и функционалом. Для работы робота очень важно знать положение в пространстве его кисти, а также частей рабочего поля. При расчете положения такого робота решаются прямая и обратная задачи кинематики [1–4].

Прямая задача по известным параметрам и уравнениям определяет положение и координаты рабочей точки, при этом решение всегда единственно в своем роде. Обратная задача кинематики заключается в определении углов поворота звеньев (для вращающихся сочленений) или поступательных перемещений (для поступательных перемещений), которые обеспечивают заданное положение и ориентацию схвата в пространстве. Для трёхзвенного манипулятора с вращательными сочленениями задача сводится к решению системы из шести нелинейных тригонометрических уравнений:

$$\begin{cases} x = \cos \theta_1 \cdot (L_2 \cos \theta_2 + L_3 \cdot \cos(\theta_2 + \theta_3)) \\ y = \sin \theta_1 \cdot (L_2 \cos \theta_2 + L_3 \cdot \cos(\theta_2 + \theta_3)) \\ z = L_4 + L_2 \sin \theta_2 + L_3 \sin(\theta_2 + \theta_3) \end{cases} . \quad (1)$$

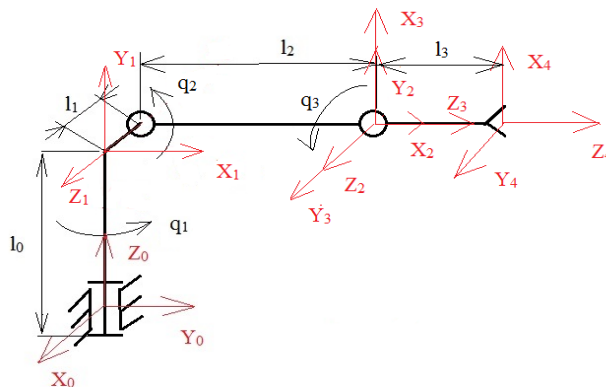
Исследуем учебный робототехнический комплекс, предоставленный кафедрой ИКСУ НИТПУ, предназначенный для выполнения сборочных операций, имеющий пять степеней свободы. Он состоит из вращающегося вокруг своей оси основания ( $l_0$ ), подвижного плеча ( $l_1$ ), локтя ( $l_2$ ) и кисти ( $l_3$ ). Управлять манипулятором можно с помощью специального программного обеспечения, предоставляющего режимы ручного и автоматического управления. Однако, при работе в данных режимах имеются ряд недостатков:

- невозможность задавать траекторию движения;
- отсутствие параллельного управления операциями;
- не существует перехода из ручного управления в автоматическое;
- неудобный интерфейс.

Исходя из данных недостатков, возникает необходимость модернизации программного обеспечения для управления робототехническим комплексом. На первом этапе разработки необходимо решить прямую и обратную задачи кинематики при помощи метода Денавита-Хартенберга.

### Метод Денавита-Хартенберга

Данный метод предполагает последовательное построение систем координат связанных с различными частями манипулятора. Произведем расчет для нашего манипулятора, кинематическая схема которого показана на рис. 1. Для расчета составлена матрица переходов и вычислены неизвестные величины, где  $\theta$  – угол поворота по оси  $z$ ,  $s$  – перемещение по оси  $Z$ ,  $a$  – перемещение по  $X$ ,  $\alpha$  – угол по  $X$ .



	$\theta$	$s$	$a$	$\alpha$
$T_{0-1}$	$\theta_1 + 90^\circ$	$l_0$	$0^\circ$	$90^\circ$
$T_{1-2}$	$\theta_2$	$l_1$	$l_2$	$0^\circ$
$T_{2-3}$	$\theta_3 + 90^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$	$90^\circ$
$T_{3-4}$	$0$	$l_3$	$0^\circ$	$0^\circ$

Рис. 1. Кинематическая схема манипулятора и таблица переходов

В результате расчета получены следующие уравнения решения, которых являются координатами схвата манипулятора.

$$\begin{pmatrix} 90 \cdot \cos(\theta_1) - 400 \cdot \cos(\theta_2) \cdot \sin(\theta_1) - 600 \cdot \cos(\theta_2) \cdot \cos(\theta_3) \cdot \sin(\theta_1) + 600 \cdot \sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2) \cdot \sin(\theta_3) \\ 90 \cdot \sin(\theta_1) + 400 \cdot \cos(\theta_1) \cdot \cos(\theta_2) + 600 \cdot \cos(\theta_1) \cdot \cos(\theta_2) \cdot \cos(\theta_3) - 600 \cdot \cos(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2) \cdot \sin(\theta_3) \\ 400 \cdot \sin(\theta_2) + 600 \cdot \cos(\theta_2) \cdot \sin(\theta_3) + 600 \cdot \cos(\theta_3) \cdot \sin(\theta_2) + 800 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -59.359 \\ -478.535 \\ 801.985 \end{pmatrix}$$

Для решения обратной задачи кинематики был применен метод обратных преобразований. Результатом является система уравнений, решением, которой являются углы поворота каждого звена манипулятора.

$$90 \cdot \cos(\theta_1) - 400 \cdot \cos(\theta_2) \cdot \sin(\theta_1) - 600 \cdot \cos(\theta_2) \cdot \cos(\theta_3) \cdot \sin(\theta_1) + 600 \cdot \sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2) \cdot \sin(\theta_3) = 110$$

$$90 \cdot \sin(\theta_1) + 400 \cdot \cos(\theta_1) \cdot \cos(\theta_2) + 600 \cdot \cos(\theta_1) \cdot \cos(\theta_2) \cdot \cos(\theta_3) - 600 \cdot \cos(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2) \cdot \sin(\theta_3) = 250$$

$$400 \cdot \sin(\theta_2) + 600 \cdot \cos(\theta_2) \cdot \sin(\theta_3) + 600 \cdot \cos(\theta_3) \cdot \sin(\theta_2) + 800 = 500$$

### Заключение

Было подобрано решение для прямой и обратной задачи кинематики в среде Microsoft visual studio. В будущем планируется модернизация программного обеспечения для работы с роботизированным сборочным комплексом.

### Список литературы

2. Ломовцева Е.И., Челноков Ю.Н. Дуальные матричные и бикватернионные методы решения прямой и обратной задач кинематики роботов-манипуляторов на примере стэнфордского манипулятора.
3. Chelnokov Yu.N. Biquaternion Solution of the Kinematic Control Problem for the Motion of a Rigid Body and Its Application to the Solution of Inverse Problems of Robot-Manipulator Kinematics. Mechanics of Solids [Izv. RAN. Mekhanika tverdogo tela], 2013, vol. 48, no. 1. pp. 31–46.
4. Лапиков А.Л., Пашенко В.Н., Масюк В.М. Модификация метода решения прямой задачи кинематики для класса платформенных манипуляторов с шестью степенями свободы, наука и образование: научное издание. – М.: МГТУ Им. Н.Э. Баумана, 2014. – № 11. – С. 72–94.
5. Балакин П.Д., Шамутдинов А.Х. Решение прямой и обратной задач кинематики оригинальной части шестикординатного манипулятора // Альманах современной науки и образования. – 2013. – № 10 (77). – С. 24–27.

УДК 004

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УГЛА РАСКРЫТИЯ СПИЦЫ ОТ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МАЧТЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ МЕХАНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ РЕФЛЕКТОРОВ АНТЕНН БОЛЬШИХ ДИАМЕТРОВ

Звонцова К.К.

Научный руководитель: Малышенко А.М., д.т.н., профессор каф. ИКСУ ИК ТПУ

Национальный Исследовательский Томский политехнический университет,  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: k.zvontsova@mail.ru

*The article tell about the withdrawal the relationship between the opening angle the spokes and of the mast extension mechanism.*

**Ключевые слова:** *рефлектор антенны, система активного обезвешивания*

**Key words:** *reflector antenna, active system simulating weightlessness*

Для успешной апробации раскрытия крупногабаритных трансформируемых изделий, размещаемых на космических аппаратах в условиях невесомости на космической орбите, необходимо производить их наземные испытания в условиях имитации невесомости. Существует целый ряд систем имитации невесомости: с использованием кареток, противовесов, механических балансиров, шаров и других способов обезвешивания.